

КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ГЕОЕКОЛОГИЧНИЯ СТАТУС НА ЛАНДШАФТИТЕ
И КАПАЦИТЕТА ИМ ДА ПРЕДОСТАВЯТ ЕКОСИСТЕМНИ УСЛУГИ - Христина Проданова

докторант
ВТУ „Св. св. Кирил и Методий“ – Велико Търново
hristina.zh.prodanova@gmail.com

**A CONCEPTUAL MODEL
FOR INVESTIGATION OF THE GEOECOLOGICAL STATE OF THE LANDSCAPES
AND THEIR CAPACITY TO PROVIDE ECOSYSTEM SERVICES**

Hristina Prodanova, PhD Candidate
“St. Cyril and St. Methodius” University of Veliko Tarnovo
hristina.zh.prodanova@gmail.com

Abstract: *This paper presents a conceptual model for investigation of the geoecological state of the landscapes and their capacity to provide ecosystem services (ES). The model has been applied in a case study area in North-Central Bulgaria between the rivers Osam and Yantra. The model contains four major stages of work, which are logically connected: 1. Classification and mapping of the potential landscapes; 2. Classification and mapping of the contemporary landscapes; 3. Geoecological state of the landscapes; and 4. Capacity of the landscapes to provide ecosystem services. Different methods and approaches have been used in each stage of the conceptual model e.g. field studies, remote sensing, spatial analysis and modelling.*

Key words: *landscape classification, NDVI, ecosystem services, matrix approach, InVEST*

Въведение

В условията на мащабна антропогензация и все по-убедително проявяващи се климатични промени, мониторингът и планирането на използването на природната среда се явяват от ключово значение за осигуряването и поддържането на здравословно качество на живот, функциониране на екосистемите и биоразнообразието. Настоящата разработка предлага концептуален модел за работа при изследване и мониторинг на качеството на природната среда, чрез съчетаването на два основни подхода – ландшафтно-геоекологичен и екосистемен.

Концептуален модел

Предложеният концептуален модел за дефиниране геоекологичния статус на ландшафтите и оценяване техния капацитет да предоставят екосистемни услуги включва 4 основни етапа, при осъществяването на които се прилагат различен набор от информация, методи и способности (Фиг. 1). В процеса на работа се използват литературни, статистически и пространствени данни като топографски и тематични географски карти, сателитни изображения и снимки от безпилотни летателни системи (БЛС) и др. Всички налични данни в комбинация с маршрутни и полустационарни наблюдения от теренни изследвания се верифицират и използват при работата в отделните етапи, включващи картографиране, пространствен анализ и моделиране.



Фиг. 1. Концептуален модел. / Fig. 1. Conceptual model.

Концептуалният модел е апробиран за територията на Централна Северна България в участъка между реките Осъм и Янтра. Етапите на работа са както следва:

1. Първи етап

Включва т.нар. „камерален етап на работа“, който се характеризира със събирането на предварително обработена и публикувана информация – литературни източници, фондови материали, тематични карти и атласи, сателитни изображения и снимки от БЛС и др.

В този етап се дефинира класификационната схема, по която ще се картографира и характеризират ландшафтите и в последствие използват като пространствени единици – основа за анализите и моделирането в следващите етапи. При апробирането на настоящия концептуален модел, за основа на ландшафтната класификация се използва разработената от Беручашвили, Тодоров и др. (1989) класификационна система и общонаучна ландшафтна карта на България в М 1:500 000 (2004) и включваща 4 класификационни нива – клас, тип, подтип и род ландшафти. Към четирите нива се добавят още 2 нива (подрод и вид) за определянето на потенциалните ландшафти.

При класифициране на ландшафтите, се анализират факторите, които оказват най-значително влияние при формирането на ландшафтите: географско положение и макро релеф, климат, екологичен тип растителност, релеф, геоложки строеж и почви. Всеки един от тези фактори се използва като индикатор при определяне на пространствените единици във всяко ниво от ландшафтната класификация, съответно: клас, тип, подтип, род, подрод и вид. Данните за всички индикатори се обработват в географска информационна система (ГИС), като препоръчителният вариант на организация на данните е геобаза данни, която в последствие се използва за изграждане на слой, съдържащ пространствените единици (потенциалните ландшафти) и атрибутивна таблица с имената им, отразяваща йерархията от класификацията.

Крайният резултат от първия етап на работа е карта на потенциалните ландшафти, която се използва като основа за работа във втория етап.

2. Втори етап

Картата на потенциалните ландшафти в комбинация с данни за антропогенните промени и в комбинация с целенасочено събрана информация от теренни изследвания в изучавания район, се явяват входни данни за картографиране на съвременните ланд-

шафти. При определяне на антропогенните изменения се използват данни от най-новата версия на CORINE земно покритие (2018) от европейската програма Copernicus - <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>. Покритието в района, който се изучава, е представено с определен брой класове и кодове по класификацията на CORINE, които се използват като индикатор при определянето на подвид ландшафти, в конкретния случай 26.

Полученият слой ландшафти се включват на ниво подвид в ландшафтната класификация и се използва като база за анализа в етап 3 на концептуалния модел.

3. Трети етап

В третия етап на работа се използват резултатите от втория в комбинация с целенасочено обработени сателитни изображения, данни от теренни изследвания и по-нататъшен пространствен анализ. Геоекологичният статус на ландшафтите (състоянието) се разкрива на база класифицираните съвременни ландшафти според степента им на антропогенно изменение.

При апробирането на модела на работа се използват класифицираните 26 подвиди съвременни ландшафти, които се прекласифицират в 5 групи, характеризиращи степента на антропогенните изменения по подобие на разработките на Тодоров (1997), Гиков (2008) и Петрова (2014, 2015), както следва: естествени, слабо изменени, средно изменени, силно изменени и антропогенни/напълно изменени (Приложение 1), взимайки предвид вертикалната и хоризонталната структура на ландшафтите. Като допълнителен критерий при определянето на статуса се използва нормализирания различов вегетационен индекс (normalized different vegetation index – NDVI), който позволява да се проследи и анализира здравословното състояние на растителната покривка през периода на вегетация от април до септември (по месеци и по години).

Крайният резултат е карта на геоекологичния статус на ландшафтите, в която 5-те състояния се представят чрез оцветяване с червен цвят за антропогенните и нюансиран зелен цвят за останалите (най-светло зелен за силно изменените и най-тъмно зелен за естествените ландшафти).

4. Четвърти етап

В последния етап на концептуалния модел се прави оценяване на капацитета на ландшафтите да предоставят екосистемни услуги (ЕУ) в зависимост от геоекологичния им статус. За да се постигне това, се използват два метода на работа – матричният подход на Burkhard et al. (2009) и моделиране в InVEST, като и при двата метода се използват едни и същи пространствени единици – вече класифицираните ландшафти от ниво клас, тип, подтип и подвид. Използва се такъв подход, тъй като хидроклиматичните условия, екологичния тип растителност и статуса на ландшафтите имат най-голямо значение при оценката на селектираните ЕУ. Нивата род, подрод и вид се пропускат и с цел да се избегне прекалено усложняване на матрицата по хоризонтала и вертикала.

При апробирането на модела на работа, за оценяване капацитета на ландшафтите да предоставят ЕУ, са селектирани 5 ЕУ от трите групи материални, регулиращи и културни в следния ред: от регулиращите услуги (*нематериални с непряка полза за човека*): - съхранение на въглерод, регулация на ерозията, поддържане качеството на хабитатите; от материалните услуги (*с пряка полза*): - земеделска продукция и от културните услуги (*с пряка полза*): - рекреация и туризъм.

Оценяването на селектираните ЕУ чрез матрицата се осъществява с експертно мнение и попълване на таблица в Excel като е препоръчително да има разработен

наръчник с описание на пространствените единици, които се оценяват, информация за селектираните ЕУ, начина на попълване и достатъчно ясна информация за скалата за оценяване, както и характеристики за всяко едно от нейните нива. Наръчникът за попълване на матрицата се разпространява до експертите, които ще участват в оценяването. В таблицата в Excel файла по хоризонтала са изписани комбинациите за клас (доминиращ релеф), тип (хидро-климатични условия), подтип (доминираща естествена растителност) и състояние на ландшафтите (според степен на антропогенно изменение), а по вертикала са изписани екосистемните услуги.

Оценяването на конкретния ландшафт (комбинацията от клас, тип, подтип и състояние във всеки ред) се извършват на база експертната/личната преценка на попълващия и познанията му за особеностите на разглежданата част от страната по 6-степенната скала за капацитета на ландшафтите да предоставят ЕУ. При оценяването се взима предвид описанието в наръчника за характерните особености и антропогенни изменения на ландшафтите. Скалата за оценяване е 6-степенна (Фиг. 2.).

5	Много висок капацитет
4	Висок капацитет
3	Среден капацитет
2	Нисък капацитет
1	Много нисък капацитет
0	Липса на капацитет/Услугата не може да се предоставя

Фиг. 2. Скала за оценяване. / **Fig. 2.** Scale for assessing ES.

Освен основните клетки в таблицата, предназначени за оценяване на конкретна услуга за конкретен ландшафт, е добавен след всеки подтип т.нар. индекс на доверие (confidence index), приложен от Campagne et al. (2017). Индексът на доверие представлява допълнителен ред в таблицата, в клетките за услугите и ландшафтите, на който експертът трябва да отговори до каква степен е убеден в оценките, които вече е поставил за конкретната ЕУ и ландшафт. Значението на тази допълнителна информация, която се изисква от попълващия, е че изследователят, който ще анализира резултатите получава достатъчно ясна представа до каква степен може да се довери на експертната на попълващия. По този начин, според Campagne et al. (2017) се избягват основни недостатъци на матричния подход, частично изследвани от Jacobs et al. (2014), Hou et al. (2012) и др., а именно:

- съществуващата вероятност от голямо разминаване между оценките на експертите за една и съща услуга/пространствена единица и изкривяване на крайния резултат и
- обективността/увереността, която експерта има в собствената си експертна при оценяването на услугите.

След като матрицата се попълни от всички експерти, техните оценки се сумират и преизчисляват средноаритметично отново по 6-степенната скала. Крайният резултат са 5 слоя за селектираните ЕУ, представящи капацитета на всеки един ландшафт на база неговото състояние да предоставя съответната услуга. Резултатите се представят на карта.

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) представлява специализиран общодостъпен и безплатен набор от модели за картографиране и оценка на екосистемните стоки и услуги, които поддържат и задоволяват нуждите на

човека. InVEST подпомага да се изследва как промените в екосистемите могат да доведат до промени в потоците от много различни услуги/ползи за хората

Наборът от модели е разработен от Станфордския университет (Stanford University) по проекта Natural Capital Project или накратко NatCap. По информация от официалния сайт на NatCap, към началото на септември 2020 г. са разработени и достъпни за използване 18 отделни модела за картографиране и оценка на ЕУ. Моделите, които отговарят на вече оценените чрез матрица услуги са: Carbon, Sediment retention, Habitat quality, Crop production и Recreation.

Всеки един от моделите на софтуера изисква специфичен набор от статистически и пространствени (растерни и векторни) данни. Следват се насоките за подготовка и работа с InVEST в официалния сайт на Natural Capital Project (NatCap) – <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>.

Получените резултати се отварят с ГИС и дават възможност да се генерират карти на капацитета на ландшафтите да предоставят ЕУ чрез степенуване по 6-степенната скала. По този начин се дава обективна възможност получените резултати от двата метода да се сравнят и анализират за различни научни и приложни цели.

Дискусия

Предложеният модел за работа съдържа следните констатации по отношение оценяването на ЕУ чрез двата метода – матрица с експертно мнение и моделиране, които предоставят база за дискусия за оптимизиране на работата и взимане на решения:

- Използването на съкратен вариант на ландшафтната класификация и търсенето на най-представителните нива от нея, които да се зложат като пространствени единици в матрицата, за да се оценят ландшафтите по-рационално и за да не се утежнява таблицата, повдига въпроса за значението на неизползваните нива (род, подрод и вид) от класификацията. Аргумент за такова пропускане е обема на таблицата, например: при употреба на всички ландшафтни комбинации от 7-те нива се получават 743 уникални ландшафта, докато при употребата на първите 3 и характеристиката за статуса им, се получават 43 реда. Във втория случай броя на клетките в Excel се свежда до около 250, а не хиляди, както би било в първия случай.
- При използване на двата метода за оценка на ЕУ се забелязват значителни разминавания между капацитета на отделни ландшафти за една и съща услуга. Например: при оценяване на рекреационен туризъм с матрицата, около 70% от територията има оценка над 2, докато с модела на InVEST над 95% от територията има оценка 0. Това се дължи на алгоритъма, по който работи InVEST, а именно – локализиране на публикувани в социалната медия Flickr снимки, за които са зададени тагове (респ. географски координати). Същността на този алгоритъм не взима предвид експертна оценка, а единствено факта къде и дали са публикувани снимки от природни обекти. В случая капацитета се идентифицира с посещаемостта на обектите и броя публикувани/тагнати снимки в социалната мрежа. Допълнителен фактор за получаването на некоректни резултати е степента на популярност на конкретната медия сред обществото. На примера на Централна Северна България, излиза че места като о. Белене, карстови обекти в Предбалкана или дори високопланинските територии в НП „Централен Балкан“ нямат никакъв капацитет за рекреация и туризъм, което е невярно.

Заклучение

Концептуалният модел за изследване геоекологичния статус на ландшафтите и тяхната способност (капацитет) да предоставят екосистемни услуги е комплексен модел за работа, съчетаващ в себе си ландшафтно-геоекологичния и екосистемния подход. Той дава възможност да се направят детайлна оценка и анализ на набелязаните проблеми.

Предложеният модел дава ясен, стегнат начин за оценка и мониторинг при наличието на достатъчно предварително създадени данни и най-вече на ландшафтна карта, чието съставяне е време- и трудоемко начинание.

Приложените два метода на оценка на ЕУ показват известни различия в резултатите за някои услуги. Ето защо, когато се избират методите, то те трябва на първо място да се познават много добре, за да бъдат анализирани резултатите коректно. Комбинацията от двата подхода дава възможност да се направи една по-представителна оценка и анализ на ситуацията в конкретния район, за да бъдат резултатите максимално полезни на всички заинтересовани страни.

Благодарности

Авторът изказва своите благодарности на Галин Петров, Стоян Недков, Benjamin Burkhard, Sylvie Campagne, Malte Hinsch и Мария Петрова за оказаното съдействие при разработването на концептуалния модел. Апробирането на модела е извършено по проект: Kapazitäten der Landschaften in Zentralnordbulgarien, um Ökosystemleistungen zu erbringen, финансиран по стипендиантската програма за магистри и докторанти от Централна и Източна Европа Mittel - und Osteuropa (MOE) на Немската федерална фондация за околна среда Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) и е проведен в Leibniz Universität Hannover в периода 18.08.2019-17.08.2020 г.

Литература

- Велчев, А., Н. Тодоров, Н. Беручашвили.** 1989. Ландшафтна карта на България в М 1:500 000. – В: *Сборник доклади VI конгрес на българските географи*. В. Търново.
- Гиков, А.** 2008. Използване на класовете на земното покритие по CORINE за оценка и картографиране на степента на антропогенизация на ландшафтите. В: *SENS 2008. Fourth Scientific Conference with International Participation. Space, Ecology, Nanotechnology, Safety. 4-7 June 2008, Varna, Bulgaria*. 119-125. http://www.space.bas.bg/SES/archive/SENS%202008_DOKLADI/3_GIS/5_Gikov.pdf
- Петрова, М.** 2014. Историко-географският метод при изследване на антропогенизацията на ландшафтите (систематизация на възгледите и приложение). В: *Трети научен семинар на докторанти, постдокторанти и млади ученика ВТУ „Св. св. Кирил и Методий“*, Велико Търново: 422-432.
- Петрова, М.** 2015. Проблеми на съвременните ландшафти по северните склонове на Шипченска и Тревненска Стара планина и прилежащите им части от Предбалкана. Автореферат на дисертационен труд.
- Тодоров, Н.** 1997. Приложение на ландшафтно-геофизичните изследвания при решаване на екологични проблеми – В: *Годишник на Софийски университет. Геолого-географски факултет. Книга 2 – География*. Том 88: 189-198.

- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F. & Windhorst, W.** 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 15, 1-22. DOI:10.3097/LO.200915
- Campagne, C. S., Roche, P., Gosselin, F., Tschanz, L., Tatoni, T.** 2017. Expert-based ecosystem services capacity matrices: Dealing with scoring variability. *Ecological Indicators*. 79, 63-72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.043>
- Hou, Y., Burkhard, B., Müller, F.** 2012. Uncertainties in landscape analysis and ecosystem service assessment. *J. Environ. Manag.* 127, S117–S131, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.002>
- Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., Schneiders, A.** 2014. The Matrix Reloaded: a review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecol. Model.* 295, 21–30, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.024>.
<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> - Официален уебсайт на CORINE земно покритие, версия 2018 (посетен на 11.09.2020)
- <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> - Официален уебсайт на NatCap (посетен на 11.09.2020).

Приложение 1. Статус на ландшафтите в зависимост от антропогенните изменения.

Appendix 1. State of the landscapes according to the anthropogenic changes.

Естествени	Широколистни гори Естествени тревни площи Площи с рядка растителност Плажни ивици, дюни, пясъци Голи скали
Слабо изменени	Иглолистни гори Смесени гори Растителни съобщества на храсти и треви Вътрешни блата Водни течения (реки с корекции или друга частична намеса)
Средно изменени	Преходна дървесно-храстова растителност
Силно изменени	Ненапоjavана обработваема земя Комплекси от раздробени земеделски земи Земеделски земи със значителни участъци естествена растителност Пасища Лозя Овощни градини Зелени площи в населени места (паркове, градини) Места за спорт и отдих (кътове за почивка, ски писти и др.)
Антропогенни	Населени места с висока, средна и ниска плътност на застрояване Индустриални или търговски обекти Пътна и жп мрежи и прилежащите им земи Места за добив на полезни изкопаеми Сметища Строителни обекти Водни площи (язовири)